

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

H04B 10/00

## [12] 发明专利申请公开说明书

H04B 10/12 H04B 10/06

H04J 1/06 H04J 1/02

H04J 14/02

[21] 申请号 00808735.0

[43] 公开日 2002 年 6 月 26 日

[11] 公开号 CN 1355969A

[22] 申请日 2000.6.9 [21] 申请号 00808735.0

[30] 优先权

[32] 1999.6.10 [33] US [31] 60/138,486

[86] 国际申请 PCT/US00/15960 2000.6.9

[87] 国际公布 W000/77956 英 2000.12.21

[85] 进入国家阶段日期 2001.12.10

[71] 申请人 光纤空间有限公司

地址 美国加利福尼亚

[72] 发明人 布兰德里·迈尔斯

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

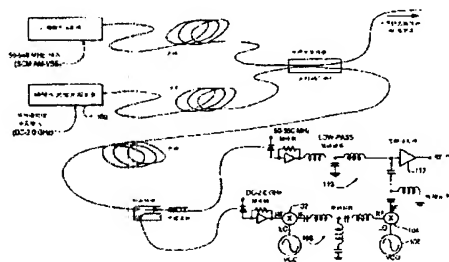
代理人 王敬波

权利要求书 5 页 说明书 13 页 附图页数 8 页

[54] 发明名称 利用 RF/微波和光混频技术来选择光传输的指定频带的方法和设备

[57] 摘要

一种用于通过光链路以单一光波长发射(12,14)和接收(24,26)多个 RF/微波副载波的方法和设备(10)。该方法包括用一个相应的通信信号调制多个 RF/微波副载波频率和用该多个经调制的 RF/微波副载波频率调制一个光载波的步骤。该方法还包括步骤:检测该光载波的多个 RF/微波副载波并将这些副载波与一个第一本振(LO)频率相混频(102)来产生一个高于检测到的副载波的调制信号频谱的最高频率分量的新的外差 IF 频率,利用带通滤波器(106)在新的 IF 频率的 IF 中心频率对多个检测到的 RF/微波副载波的 RF/微波副载波频率进行滤波,以及将经滤波的 RF/微波副载波与一个第二本振(LO)(108)频率相混频来得到一个处于想要的中心频率的差频以便通过后面的网络元件进行传播。



知识产权出版社出版

ISSN 1008-4274

## 权 利 要 求 书

1、一种通过光链路以单一光波长发射和接收多个 RF/微波副载波的方法，该方法包括步骤：

用一个相应的通信信号调制多个 RF/微波副载波频率；

用该多个经调制的 RF/微波副载波频率调制一个光载波；

检测该光载波的多个 RF/微波副载波并将这些副载波与一个第一本振（LO）频率相混频来产生一个高于检测到的副载波的调制信号频谱的最高频率分量的新的外差 IF 频率；

利用处于新的 IF 频率的 IF 中心频率的带通滤波器对多个检测到的 RF/微波副载波的 RF/微波副载波频率进行滤波；以及

将经滤波的 RF/微波副载波与一个第二本振（LO）频率相混频来得到一个处于想要的中心频率的差频以便通过后面的网络元件进行传播。

2、一种以几个接近的光波长发射和接收多个 RF/微波副载波的方法，该方法包括步骤：

产生多个 RF/微波副载波频率；

用多个信息信号调制该多个 RF/微波副载波频率中的每一个；

用多个经调制的 RF/微波副载波中的至少一些经调制的副载波来调制多个各别的光信号中的每个光信号；

将该多个光载波信号稳定至公知的光频；

在接收机处将该多个光信号与一个调谐至公知光频的本振（LO）激光相混频，使得对应于一个想要的信号分量的 LO 激光与载波频率之间的外差拍频处于高于多个 RF/微波副载波的调制信号频谱的最高频分量的一个 IF 的中心频率；

利用处于 IF 中心频率的带通滤波器对 RF/微波副载波频率的一个有限的带宽进行滤波，以提供一个经滤波的 IF 输出；和

将该经滤波的 IF 输出与一个本振频率相混频以得到一个处于想

要的中心频率的差频以便通过下游的网络元件进行传播。

3、一种通过光链路以单一光波长发射和接收多个 RF/微波副载波的方法，该方法包括步骤：

将一系列通信信号调制到一系列 RF/微波副载波频率上；

对该系列 RF/微波副载波频率的 RF 调制带宽进行限制，从而将检测到的 RF 频谱与一个本振 (LO) 频率进行混频以在想要的频带中产生一个新的外差 IF 频率，使得与来自另一个频带的和频发生在相同频率的一个检测到的频带的差频落在想要的频带之外；

用一个由经调制的该系列 RF/微波副载波频率限定的 RF/微波信号的整个频谱来调制一单个光载波；

检测 RF/微波副载波频率的整个频谱并将这些副载波频率与 LO 相混频以在想要的频带中产生一个新的外差 IF 频率以便通过后面的网络元件进行传播；

通过利用一个处于 IF 中心频率的带通滤波器（或任何其他类型的滤波器）对处于想要的频带的想要的中心频率的该检测到的 RF/微波副载波频率进行滤波，其中该滤波器在想要的 LO 频率的整个范围内消除某些频率，在所述的某些频率处，一个检测到的频带的差频可能发生在与来自另一个频带的和频相同的频率。

4、一种以几个接近的光波长发射和接收多个 RF/微波副载波的方法，该方法包括步骤：

将一系列通信信号调制到一系列 RF/微波副载波频率上；

用独立的并且是排他的通信信号系列对几个各别的光源中的每一个进行调制，使得每个光频传送包括副载波频率系列的 RF/微波信号的整个频谱；

对一个 RF 调制带宽进行限制，从而将一个光信号频谱与一个光频进行混频以在想要的频带中产生一个新的外差 IF 频率，使得与来自另一个频带的和频发生在相同频率的一个检测到的频带的差频落

在想要的频带之外；

将多个光载波信号稳定到公知的光频；

在接收机处将光信号与一个调谐至一公知光频的本振（LO）激光相混频以在想要的频带中产生一个新的外差 IF 频率以便通过后面的网络元件进行传播；和

通过利用一个处于 IF 中心频率的带通滤波器（或任何其他类型的滤波器）对处于新的 IF 频率的想要的中心频率的 RF/微波副载波频率进行滤波，其中该滤波器在想要的 LO 频率的整个范围内滤去某些频率，在所述的某些频率处，一个检测到的频带的差频可能与来自另一个频带的和频发生在相同的频率。

5、一种使用用于外差检测的本振激光器并用于通过补偿单模光纤传输链路中的偏振模色散来消除偏振损失的方法，该方法包括步骤：

利用偏振分束器来分离输入光信号的两个正交线性偏振光分量，所述输入光信号到达偏振分束器的第一端口；

将本振激光引入偏振分束器的第二输入端口；

通过偏振保持光耦合器从偏振分束器提供两根偏振保持光纤，所述两根光纤在光耦合器内具有大致为 50% 的耦合比并具有公知的光学长度，使得这两根光纤从偏振分束器的输入端到光耦合器的耦合范围的开始处的对应光路长度相等；

通过将一根光纤旋转 90 度来将两个偏振保持光纤内的两个正交线性偏振输出校准到共同的偏振轴上，使得偏振分束器的正交偏振输出激励每个偏振保持光纤的相同偏振轴；和

将来自偏振保持光纤耦合器的每个偏振保持光纤输出校准到独立的基于光电二极管的接收机。

6、一种利用单模光纤远程定位用于外差检测的本振激光而不会由于单模光纤中的偏振模色散引起耦合范围内的偏振损失的方法，

该方法包括步骤：

在偏振分束器内将到达该偏振分束器的第一输入端口的光信号的两个正交线性偏振分量分离；

将一本振激光引入该偏振分束器的第二输入端口；

通过一个偏振保持光耦合器从偏振分束器提供两根偏振保持输出光纤，所述光耦合器在两根耦合光纤中保持大致为 50% 的耦合比并且两根光纤具有公知的光长度，使得从偏振分束器的输入端到光耦合器的耦合范围的开始处的对应光路长度相等；

通过将一根偏振保持光纤旋转 90 度来将两个偏振保持光纤内的两个正交偏振输出校准到共同的偏振轴上，使得偏振分束器的正交偏振输出激励每个偏振保持光纤的相同偏振轴；

将来自偏振保持光纤耦合器的偏振保持光纤输出接合到一单模光纤以提供单模光纤输出；和

将每个单模光纤输出校准到一基于光电二极管的接收机。

7、一种远程定位本机振荡器并利用单模光纤将该本机振荡器的光输出与一个用于外差检测的信号场相结合而不会由于单模光纤中的偏振模色散引起偏振损失的方法，该方法包括步骤：

在一个单模光纤耦合器中将信号场与本机振荡器的光输出相结合；

将相结合的信号场和光输出引导至偏振分束器的第一输入端并在偏振分束器内将相结合的光信号场和光输出的两个正交线性偏振分量分离；

将偏振分束器与具有 50% 的耦合比的偏振保持耦合器之间的两根偏振保持光纤保持在一个公知的光长度，使得从偏振分束器的输入端到偏振保持光耦合器的耦合范围的开始处的两个光路长度相等；

通过将一根偏振保持光纤旋转 90 度将来自偏振分束器的两个正

交线性偏振输出分量校准到两根偏振保持光纤的公共轴上；和

使用偏振保持或单模光纤将来自偏振保持光纤耦合器的偏振保持光纤输出校准到独立的基于光电二极管的接收机上。

8、一种接收由光传输信号传送的每个微波副载波频率上的多达四组独立信号的方法，该方法包括步骤：

将独立的通信信号调制到相同频率的两个独立微波信号的上和下边带上；

分别调制光信号的上和下边带上的两个独立微波信号；

引入处于正确偏振状态的本振激光来消除相对于接收到的光信号的偏振损失；

将本振激光调谐到低于（或高于）光载波波长的波长，以选择在中频产生外差拍频的上（或下）光边带；

利用一个具有适用于选择一个各别的微波边带的带宽的带通滤波器对外差拍频进行滤波；

使带通滤波器的中心频率从中频偏移，使得该中心频率对应于相对于所选择的微波边带的上（或下）微波边带；和

将经滤波的中频输出与一本振频率相混频，以将经滤波的微波边带的中心频率移动到正确的频率以便通过下游的网络元件传播。

# 说明书

---

## 利用 RF/微波和光混频技术来选择光 传输的指定频带的方法和设备

### 发明领域

本发明的领域涉及光通信系统，更具体地，涉及用于光纤通信网络的光电系统。

### 本发明背景

公知多种通过光纤网络发射和接收通信信号的方法。RF 副载波分割多路复用 (SDM) 传输技术也是公知的。这些技术应用到多种通信网络，包括用于公用天线电视 (CATV) 的混合光纤/同轴电缆 (HFC) 网络。事实上，目前副载波分割多路复用是用于 CATV 网络中的标准多路复用技术。

在现有技术中，在 HFC 网络中使用副载波分割多路复用技术通常将用于传输的光学带宽限制在网络的同轴电缆部分的带宽（例如 50-750MHz）。这使得电视信号的模拟调幅-残留边带 (AM-VSB) 传输有意义，其中光系统的线性对可以以所需的信号质量通过网络的光纤部分传输的副载波多路复用信道的数目产生一个上限。因而，这种网络实现方式的优点是光纤的损耗低，但它不能在通信信号和服务的分配中开发利用光纤的大带宽。

现有技术的关键之处在于，它相信网络的同轴电缆部分的带宽在某种程度上限制了可以有效地用来通过这种混合网络发送服务的激光的带宽。本行业当前的趋势是通过 HFC 网络为诸如因特网、付费电视和电话的应用提供分配带宽。这些分配带宽服务通常采取数

字正交调幅 (QAM) 的形式并且不要求光系统具有以前 AM-VSB 信号所需的线性度。该事实是公知的, 但并未在现代 CATV 网络体系中有效地开发利用。

由于利用了数字 QAM 信号而比 AM-VSB 信号大大放宽的线性度规格可以以两种不同的方式影响网络体系结构。一种方式是通过几个激光波长的波长分割多路复用 (WDM), 这几个激光波长中的每一个传送一个包含多个 QAM 副载波的 SDM 信号。由于线性度规格放宽了, 这些 WDM 信号可以通过单根光纤传输, 条件是在将这些波长中的一个与包含 SDM AM-VSB 信号的光载波相结合之前在光集线器处用光波长分割信号分离滤波器将这些波长分开。然后通过光纤将这两个波长传输一段合理的距离, 同时保持 AM-VSB 系统所需的线性性能。

值得一提的是, 在这种包含由多个光波长传送的 SDM 数字 QAM 信号的 WDM 系统中, 现有技术教人们利用 550-750MHz 范围内的 RF 带宽。50-550MHz 范围内的 RF 带宽为 SDM AM-VSB 信号保留, 并且同轴电缆 (及与其相关的 RF 放大器链) 的传输特性将带宽的上限限制为 750MHz。因此仅有 200MHz 的光带宽用于 SDM QAM 信号。但是并不存在根本的原因要这样限制该带宽。这是同轴电缆系统、而不是光系统造成的限制。

上述情况考虑的是一个在多路复用的模拟副载波上传送 AM-VSB 信号和 QAM 信号相结合的信号的模拟系统。但是, 所考虑的这些问题同样适用于数字通信系统。主要的差别在于, 在数字系统的情况中, 通过多个数字信号的时分多路复用 (TDM) 来增加带宽, 而在模拟系统中, 则通过模拟副载波的副载波分割多路复用来增加带宽。

在数字系统中, 现有技术提供了两种不同的技术从而可以利用额外的光带宽。一种技术包括利用多个光波长和 WDM 技术。另一



种技术包括提高 TDM 信号的比特率。这两种方法均要求对网络终端设备进行重大升级，以便能够利用额外的光带宽。

因此，本发明的一个目的是提供一种用于提高网络的光纤部分的光谱利用率而对网络终端设备产生最小影响的方式。

本发明的另一个目的是提供一种用于将通过提高光谱的利用率而产生的额外带宽分配给需要较小的总带宽的电（或光）网络的不同部分的方式。

本发明的另一个目的是通过使得能够用 RF 和/或光技术远程选择要分配给网络的指定部分的那部分带宽来向网络另外提供有用的特性。

### 本发明概述

本发明提供了一种用于通过光链路以单一光波长发射和接收多个 RF/微波副载波的方法和设备。该方法包括用一个相应的通信信号调制多个 RF/微波副载波频率和用该多个经调制的 RF/微波副载波频率调制一个光载波的步骤。该方法还包括步骤：检测该光载波的多个 RF/微波副载波并将这些副载波与一个第一本振（LO）频率相混频来产生一个高于检测到的副载波的调制信号频谱的最高频率分量的新的外差 IF 频率，利用处于新的 IF 频率的 IF 中心频率的带通滤波器对多个检测到的 RF/微波副载波的 RF/微波副载波频率进行滤波，以及将经滤波的 RF/微波副载波与一个第二本振（LO）频率相混频来得到一个处于想要的中心频率的差频以便通过后面的网络元件进行传播。

另外本发明公开的方法利用 RF/微波（和/或光外差）混频技术来从光传输中选择指定频带，然后将所选择的频带分配给网络的一部分。该方法包括将多个通信信号（例如 TDM 或 SDM）调制到单一光波长（或多个光波长）的多个 RF（或微波）载波上。该方法还

包括检测多个频带上的多个通信信号的组然后选择检测到的频带中的一个以便分配给网络的一部分的步骤。

在被传输的分量传送检测器系统的带宽外的高频微波信号的一般情况中，该方法还包括利用光外差技术选择一个（或多个）微波信号的步骤。光外差接收机产生一个位于检测器的带宽内的差频并通过光混频将想要的微波信号移到该频率。该后一种情况适用于多个光载波被用来传输较高频微波信号分量的系统。外差接收机的 RF/微波模拟适用于利用单个光载波来传输多个高频微波副载波的情况。

本发明能够实现带宽升级同时最大限度地利用网络上现有的终端设备，该优点使得网络供应商的成本大大减少。例如，考虑一个电信供应商希望将城市网络从 622Mbps (OC-12) 升级为 9.952Mbps (OC-192) 的情况。现有技术将要求用 OC-48 终端设备来替代所有的 OC-12 终端设备，这对于网络供应商来说是一笔巨大的费用。相反，本发明能够利用现有的 OC-12 基础设施同时将网络带宽提高到与 OC-192 相同而不需要传统的 WDM 技术。考虑到 OC-192 终端设备的成本比 OC-12 设备高得多这样一个事实，本方法的成本优势是很明显的并且适用于不需要整个 OC-192 带宽的每个终端。同样，与此处描述的本发明相比，应用传统的 WDM 技术来增加 OC-12 光载波的数目也是非常昂贵的。

本发明使得能够远程选择带宽的事实引入了带宽灵活性这样一个有用的特性。这样，可以远程调整发送给网络上任何特定点的带宽来适应实际需要。换句话说，如果网络的一部分不太忙，则可以仅通过对在几个节点中的每个节点将微波频带选择为相同频率的压控振荡器 (VCO) 进行调谐来用单个微波副载波对该区域中的多个节点进行服务。可以通过将繁忙区域中的所有 VCO 调谐为不同频率来将可用带宽集中在有较高需求的网络的一个不同的部分。此后当

负荷转移时，可以调整 VCO 调谐以适应网络负荷情况的变化。

这里描述的方法适用于驻留于单个光波长或多个光波长的 RF/微波副载波。在利用多个光波长的情况中，该方法还包括控制光载波的波长的步骤。这样，实现了相对于稳定光频的解调。

#### 附图的简要说明

图 1 示出了具体应用于利用 SCM 技术来传输 AM-VSB 和 QAM 信号相结合的信号的 CATV 分配网络体系结构的本发明的一个实施例。该优选实施例采用低于 700MHz 的 RF 范围的模拟副载波频率来通过光纤传输数字 QAM 信号。

图 2 中通过加入高达 2.0GHz 的模拟载波来传输数字 QAM 信号来利用更多的光带宽，从而扩展了图 1 中的体系结构。

图 3 示出了根据一个优选实施例的网络体系结构，它一般地应用于光纤电信网络。应注意这是一个不对称网络体系结构，其中发射机带宽超过接收机带宽。该网络体系结构的一般化适用于数字通信信号（例如移幅键控二进制数据的 TDM）从而解调的最后阶段为基带。

图 4 示出了在将一个所描述的实施例逻辑延伸至更高带宽的情况中的外差系统，其中多个光载波频率的分离是通过加入一个光混频器来将微波载波频谱的想要的部分移入接收机的带宽从而产生一个光拍频来实现的。

图 5 示出了在一个所描述的实施例中的偏振校准装置，它消除了系统中的偏振损失，同时使本振激光功率分配到网络的多个节点。

图 6 示出了在可选实施例中的偏振校准装置，其中在恢复线性偏振状态后一根单模光纤终止该系统，在接收机处建立起一种未知的（并且是动态的）椭圆偏振状态。

图 7 示出了在可选实施例中的偏振校准装置，其中用一个单模

光纤耦合器将信号与本振激光场相结合并用一根单模光纤传输线来以独立和任意的偏振状态将信号和本振场发送给偏振恢复装置。

图 8 示出了光频表，由此可以利用单个光载波来传送四组微波副载波。图 8a 示出了指明分别施加到光和微波载波的上及下边带的独立通信信号的光谱。图 8b 示出了用来解调低频组（即，较低的光边带）的本振波长。图 8c 示出了解调高频组的本振波长。

### 优选实施例的详细描述

图 1 示出了应用于 CATV 网络体系结构的发射机/接收机 10 的简化示意图。在该实施例中，CATV 广播信号在第一载波上由一个激光发射机 12 发射，并占据 50-550MHz 的 RF 带宽。RF 信号的多个频带在第二载波上由第二激光发射机 14 发射，并占据 0.1-700MHz 的 RF 带宽。光载波可以由高线性度 DFB 激光器（例如朗讯技术公司的型号 257 产品）来产生。这两个光载波在第一无源光集线器 16 相结合，然后可以被分配到几个光电节点（图 1 中示出了一个节点 18）。

每个光电节点 18 包含一个光滤波器 20（用来分离两个光波长）和两个光接收机 24、26（分别用于每个光波长）。滤波器 20 让第一光载波通过以到达第一接收机 24，而反射第二载波。该反射使得第二载波穿过光循环器 22 返回到第二接收机 26。

在第二接收机 26 内，在检测器 28 中检测到第二载波并在放大器 30 中放大。RF/微波混频器 34（例如 Watkins-Johnson 制造的混频器）利用一个可调谐的 RF 振荡器 32（例如 Avantek VCO）来从 700MHz 传输中选择一个 200MHz 频带，并将所选择的该频带的中心频率移至 650MHz。这样，所选择的 200MHz 频带占据了 550-750MHz 的带宽。从混频器 34 输出的 IF 的任何低频分量由一个高通滤波器 36 滤波。这种高通滤波器 36 包括一个信号分离器部件，其低通部件 38

让 50-550MHz SCM 模拟 AM-VSB 传输通过。

第一接收机 24 在检测器 40 中检测第一载波。放大器 42 对信号进行放大，然后提供给信号分离器的低通部件 38。信号分离器用来将所选择的 200MHz 频带与 SCM AM-VSB 信号相结合。宽带放大器 44 放大并通过同轴电缆网络（未示出）分配 50-550MHz 广播信号和所选择的 200MHz 频带的 QAM 信号。

值得一提的是，在图 1 所示的体系结构中，所描述的实施例示出了末端的 CATV 网络操作人员容易获得的低于 700MHz 带宽的信道。但是图 1 所示的本发明也适用于较高频率传输，例如利用 0.8 与 2.0GHz 之间的 1.2GHz 带宽。在这种情况下，可以使用更多的带宽但不使用低于 800MHz 的带宽。

带宽限制是由从混频器输出的 IF 包括 LO 和 RF 频率的和频和差频这样一个事实而引起的。必须避免这样一种情况，即，一个检测出来的频带的差频在与来自另一个频带的和频相同的频率上发生。最终，通过将频谱的利用扩展到 L-频带中，可以达到一个频率，从而在想要的 550-750MHz 频带内产生 800MHz 的差频（即，当 LO 频率等于 1350MHz 时）。因此，适用于图 1 的体系结构的最高载波频率将为 2.1GHz。

所描述的实施例利用网络操作人员容易获得的低于 700MHz 的频谱。这与本发明的一个主要目的相符，以便最大限度地利用现有的终端设备。但是，可能想同时利用指定光载波上的更多带宽。图 2 中示出了对网络体系结构的一种修改，以便能够最大限度地利用激光带宽。

图 2 所示的 CATV 网络可以使用单一波长上的所有可用调制频谱。在示出的该例中，在第二发射机 100 内实现 2000MHz 传输。这正好处于用于 DFB 激光结的直接调制的调制带宽内。为了避免上述的带宽限制，图 2 的实施例采用了两级混频处理。第一级混频器 102

连同带通滤波器 106, 从传输中选择想要的 200MHz 频带, 而第二混频器 104 将该频带移入想要的 550-750MHz 频谱。

该选择是通过在第一混频器 102 内将想要的 200MHz 带宽向上转换为高于 2.0GHz 的频率 (例如 2.4GHz) 来实现的。带通滤波器 106 从多个检测出来的频带中分离出 200MHz 频带。在对想要的频带进行滤波后, 调谐 RF 振荡器 108 驱动第二混频器 104 LO 输入, 从而将所选择的频带的中心频率调谐至合适的 RF 频率, 在这种情况下为 650MHz。然后 RF 信号分离器 110 将所选择的 200MHz 频带与 50-550MHz 广播信号相结合。然后广播放大器 112 通过与其相连的同轴电缆网络分配 50-550MHz 广播信号和所选择的 200MHz 频带。

上述的网络拓扑结构是特别适用于 CATV 网络的 SCM 传输特性的。但是数字电信基础设施中的很大一部分利用 TDM 技术来进行二进制信号的移幅键控 (ASK) 调制。这些系统通常在基带上运行, 这与 CATV 网络体系结构中常见的 SCM 技术不同。尽管有这些差别, 用于 ASK、FSK 或 PSK 调制格式的本发明的该通用实施例为运行在基带上的二进制数字网络提供了显著的好处。

图 3 示出了本发明的一个实施例, 它特别适用于利用 TDM 技术来对诸如 ASK 的二进制调制信号进行多路复用的电信网络拓扑结构。这是上面讨论的网络拓扑结构的自然延伸并且可以成功地应用于 SCM 信号 (只要想在基带上运行)。但是图 3 中示出的网络不能适应将广播信号与 SCM 数字信号相集成。

现在来考虑图 3 的拓扑结构, 其中利用高频激光发射机来分配多个低频数字 TDM 信号。例如, 可以加入一个外部调制的 1550nm DFB 激光器 (例如与 Uniphase 电信产品公司制造的 10Gbps 调制器一起使用的富士 FLD5F6CX) 来通过光纤网络发射 16 个 OC-12 信号。

图 3 详细示出了可以用来将多个 OC-12 或 OC-192 信号相结合 的电路结构。(注意可以通过多路复用 10 个 200MHz 带宽的基于 SCM 的 QAM 信号来将这样一种电路结构应用于参照图 1 描述的数 字 QAM 副载波的 2.0GHz 传输。将 QAM 信号直接调制到高达 2.0GHz 的各模拟副载波上也是可行的。另外, 上述的外部调制的 DFB 激光 器也可用来将 QAM 副载波频率的带宽提高到基本上高于 CATV 网 络应用中的 2.0GHz。)

图 3 的发射机电路利用几个不同的振荡频率 ( $f_1-f_N$ ) 将各别的 OC-12、OC-192 或 QAM 信道调谐到不同微波载波频率, 这些频率 随后由基于带通滤波器的多路复用网络 200 结合起来。多路复用的 通信信号通过可以包含分光器和光放大器的光纤网络 202 传播, 以 便将多路复用的信号分配到网络上的多个节点 204。

在任意指定节点 204 处的高频接收机将检测微波载波的整个频 谱并用一个基于 VCO 的频带选择器以一种与上面结合图 2 描述的 CATV 接收机类似的方式选择一各别的 SCM 信道。但在这种情况中, 由于最高的微波载波可以高于 10 GHz, 将新的 IF 频率移到更高的 微波频率。在上面指出的图 2 和 3 的节点体系结构之间存在另一个 鲜明的对比。尽管在图 2 中第二级混频器 206 将所选择的频带集中 于 650MHz, 图 3 中所选择的信道被调谐到基带上。

当微波副载波的频率被提高到高于 10-20 GHz 时, 由于该高微 波频率使得要实现图 3 中示出的体系结构变得困难多了。这样, 则 希望利用光学技术来管理较高频率微波副载波上的通信信号。

图 4 中示出的体系结构利用多个光波长来进行传输。包含多个 光源 401-403 的发射机 400 被指示为光信道处理单元(bank)404。带 宽的显著增加使得可能用光多路复用传输来降低利用高于光传输的 最高微波频率分量的 IF 频率的可行性。因此, 图 4 的光分离拓扑结 构加入了光外差检测技术。

为了实现通信带宽内的 IF 频率，可以用足够的微波带宽来分离相邻的光频以适应由外差差频移动的信号带宽。这样该差频包括光频间隔的一个部分。

在该实施例中利用了多个激光发射机 401-403，每个发射机可以传送一个 SDM 微波频谱（或一单个高频 TDM 传输）。每束激光被稳定到一个校准到光纤谐振器 406 的公知光频。利用反馈电子线路以通过控制光纤谐振器 406 的温度来控制其自由频谱范围，并通过在每个激光器 401-403 的注入电流控制端进行反馈来控制每个激光器的绝对波长。在不同的频率上获得各反馈信号，带通滤波器分离这些信号并将每个信号引导至适当的激光控制电路。

光纤谐振器 406 的自由频谱范围被锁定为微波频率，而 WDM 激光器 401-403 被锁定为校准到该谐振器 406 的公知光频。一种这样的公知光频（即，模）被校准到一绝对光频，而所有其他模数则相对于绝对光频来确定。绝对光频的产生和自由频谱范围的锁定可以按授予本发明人的美国专利 No.5,717,708 中的描述、并使用 Hall 描述的技术（光外差饱和光谱学，Hall 等人所著，应用物理通讯，1981 年 11 月）将该基准激光锁定到一绝对光频基准（例如铷）和/或使用 DeVoe 和 Brewer 描述的技术将光基准谐振器的自由频谱范围稳定并锁定到一公知的微波频率。

或者，可以仅将 WDM 激光器 401-403 中的每一个校准到其自身的公知光频（每个激光器带有其自身的线路变窄（line-narrowing）谐振器 406）。现有技术指出了多种确定公知光频的方法（例如，基于 Michelson 干涉仪的波长计，基于衍射光栅的其他类型的干涉仪，等等）。也可以使用其他新方法例如分子谐振单元（例如用于稳定一单个公知频率的铷单元，包括可以用来提供多个基准频率的乙炔单元的谐振振动单元，等等）。

通过一种标准的 WDM 多路复用技术（例如光循环器 408、410



与光纤布拉格光栅 412、414 的结合) 将 WDM 激光器 401-403 的激光波长相结合。WDM 频谱的一个小样本可以入射到光纤谐振器 406 上, 其反射被用作反馈信号以便得出适当的控制信号。WDM 功率输出的大部分通过单模光纤网络 416 传输。

图 4 还描述了一种可用来通过网络 416 从光信道处理单元 404 选择单个激光发射机频率的可调本振 (LO) 激光器 418。激光器 418 也校准至一光谐振器, 后者自由频谱范围也锁定到一微波振荡器。但是, 基于 LO 的谐振器的自由频谱范围是光信道间隔的整数倍分之一 (例如一个不小于三的整数)。另外, 每个光载波上的微波带宽被选择为小于基于 LO 的谐振器的自由频谱范围。为了从光多路复用传输中选择一个微波带宽, LO 信号被锁定到该谐振器的一个模, 该模接近于想要的信号波长发生谐振的模。LO 激光器 418 基本上可以按照授予本发明人的美国专利 No.5,717,708 中的描述来构成。

图 4 的接收机通过在节点 422、424 的物理位置的附近 (不一定恰好在该位置) 引入一个本振 (LO) 激光信号来工作。实际上这种设计 (图 5) 示出了两个节点 422、424 之间分享 LO 激光器功率的情况。偏振校准装置包括一个偏振分束器 426 和一个 50% PM 光纤耦合器 428。可以将来自 LO 418 的输入 PM 光纤 430 旋转  $45^\circ$ , 使得 LO 功率的相等的分量激励两个偏振轴。两个输出偏振均被校准到 PM 光纤的同一偏振轴 (例如慢轴)。将 PM 光纤 432 中的一个旋转  $90^\circ$ , 使得一单个偏振被耦合到 50% PM 光纤耦合器 428 中。尽管信号输入可以被任意偏振, 50% 光纤耦合器 428 和 PM 光纤 432 中的一个的  $90^\circ$  旋转确保信号功率的相等的分量将沿着光束偏振校准装置的两个输出传播。这里所说的旋转表示将 PM 光纤的一端相对于另一端扭转。

这样, 偏振校准保证 LO 和信号场处于共同的偏振状态。另外, 一旦本振 (LO) 激光的偏振与接收激光的相匹配, 则可能在单模光

纤中重新建立传输，从而可以远程定位一个或两个节点。尽管光束将再一次被消偏振，对于 LO 和接收激光束这两者，椭圆偏振的未知状态是适应的。

在调谐接收机 422、424 的检测器 438、440 处检测外差差频。混频器 434、436 内的最后一组微波解调将通信信号返回到基带。该最后一组混频器 434、436 也用来从检测器 438、440 在调谐接收机的带通滤波器的带宽内检测的两组微波载波中选择一组。这样，每个光波长可以传送多达四组微波副载波（图 8a）。通过将 LO 激光调谐至低于想要的载波的 LO 谐振模来选择低频组（图 8b）。相反，通过将 LO 激光调谐至高于想要的载波的 LO 谐振模来选择高频组（图 8b）。

图 6 示出了在一个相干光通信链路中本发明的一种实现方式，其中利用一根单模光纤将本振激光和单个激光功率分配给接收机而不会因为单模光纤的消偏振特性而发生偏振损失。为了实现这个效果，首先必须利用一个偏振保留系统（例如 Panda 光纤）来将信号和本振激光偏振校准到一个共同的线性状态。一旦达到一个共同的线性状态，则可以将该状态转换为任意状态而不引起偏振损失，条件是可以对于信号和本振激光场这二者的光偏振精确地匹配这样一种任意状态。

如图 6 中所示，实现该效果的一种方法是利用一个熔化接合器将 Panda 光纤接合到单模光纤上。在这样一种实现方式中，Panda 光纤确保对于信号和本振激光这二者将相同的偏振状态引入到单模光纤中。偏振模色散将引起偏振损失，因为信号和本振激光这二者通过消偏振光纤而保持在相同的任意偏振状态。以这种方式，相干光系统的好处可以应用到利用能使光解调单一功率分配到光纤网络的多个节点的标准单模光纤的光网络中。

实际上，偏振还原装置对输入偏振的状态不敏感，因而该装置

也可以用来将一个共同的偏振还原为任意偏振状态的两个输入场。

(注意图 4 中连至偏振还原装置的本振激光输入光纤可任选为单模光纤或偏振保持光纤。另外，在偏振输入处的偏振保持光纤的旋转完全是任意的。)

图 7 示出了一个实施例，其中信号和本振激光场在一根单模光纤内混频，从而两个场在偏振恢复装置的输入端处于任意和独立的偏振状态。在这种情况下，只需要单根输入光纤，并且可以用光学元件将这两个场还原为线性偏振状态。

于是，很明显，上面所描述并在图 4 中示出的光外差技术是结合图 1-3 讨论的微波混频技术的直接延伸。所有这些技术适用于提高网络上的带宽利用率，同时，与传统的 WDM 技术相比，保持更高的灵活性并显著降低成本。另外，即使在相干光外差系统的最先进的实现方式中，该系统配置一般也不会造成现有终端设备基础设施的废弃。

上面已经出于说明研制及使用本发明的方式的目的描述了根据本发明的用于调制相干光束的方法和设备的特定实施例。应该理解，本发明及其各方面的其他变动和修改的实施方式对于本领域的熟练技术人员来说是明显的，本发明不应限于所描述的特定实施例。因此，保护范围应该覆盖本发明和落入这里描述并要求保护的基本原理的真实精神和范围内的所有修改、变动或等同物。

图1

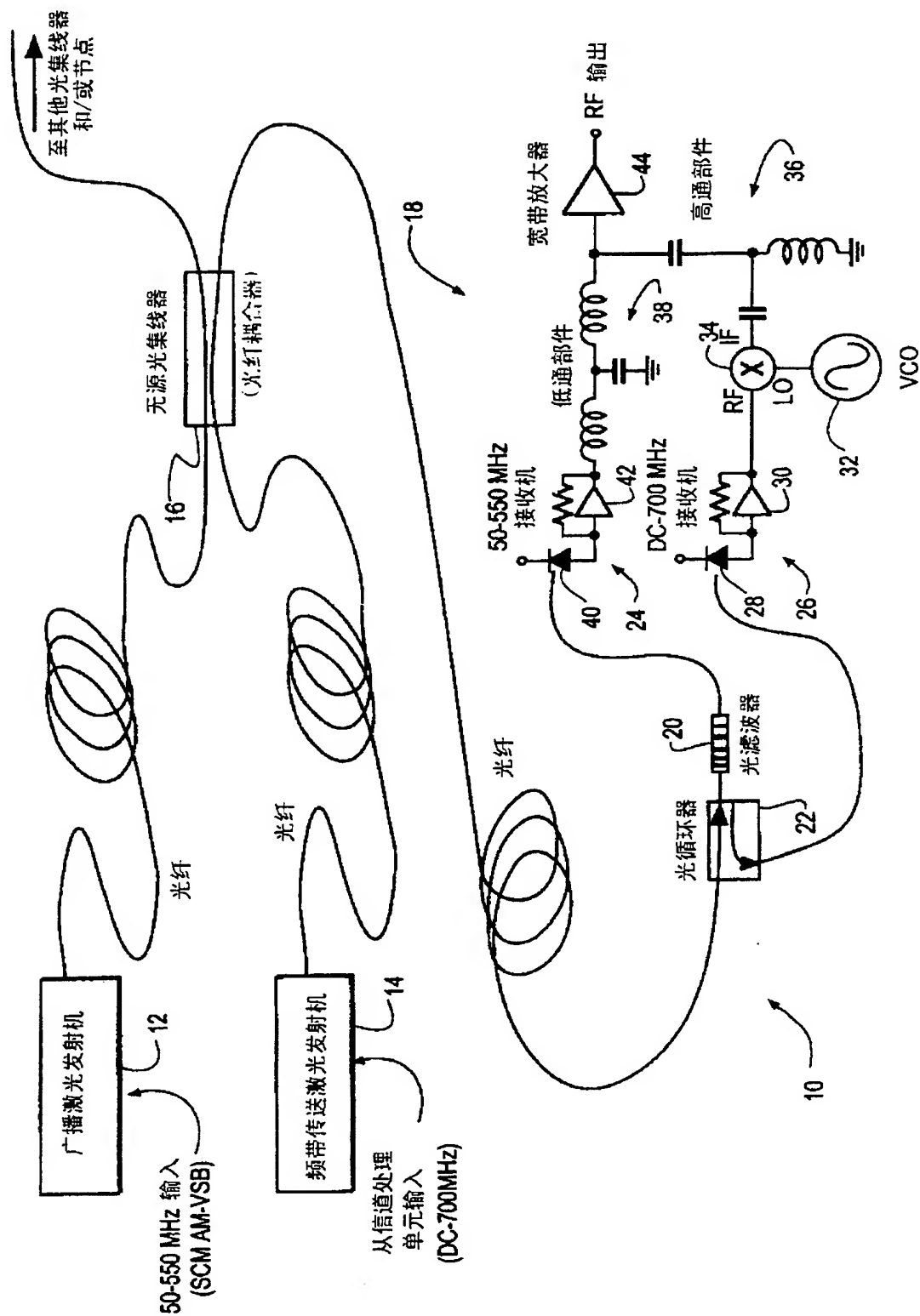


图2

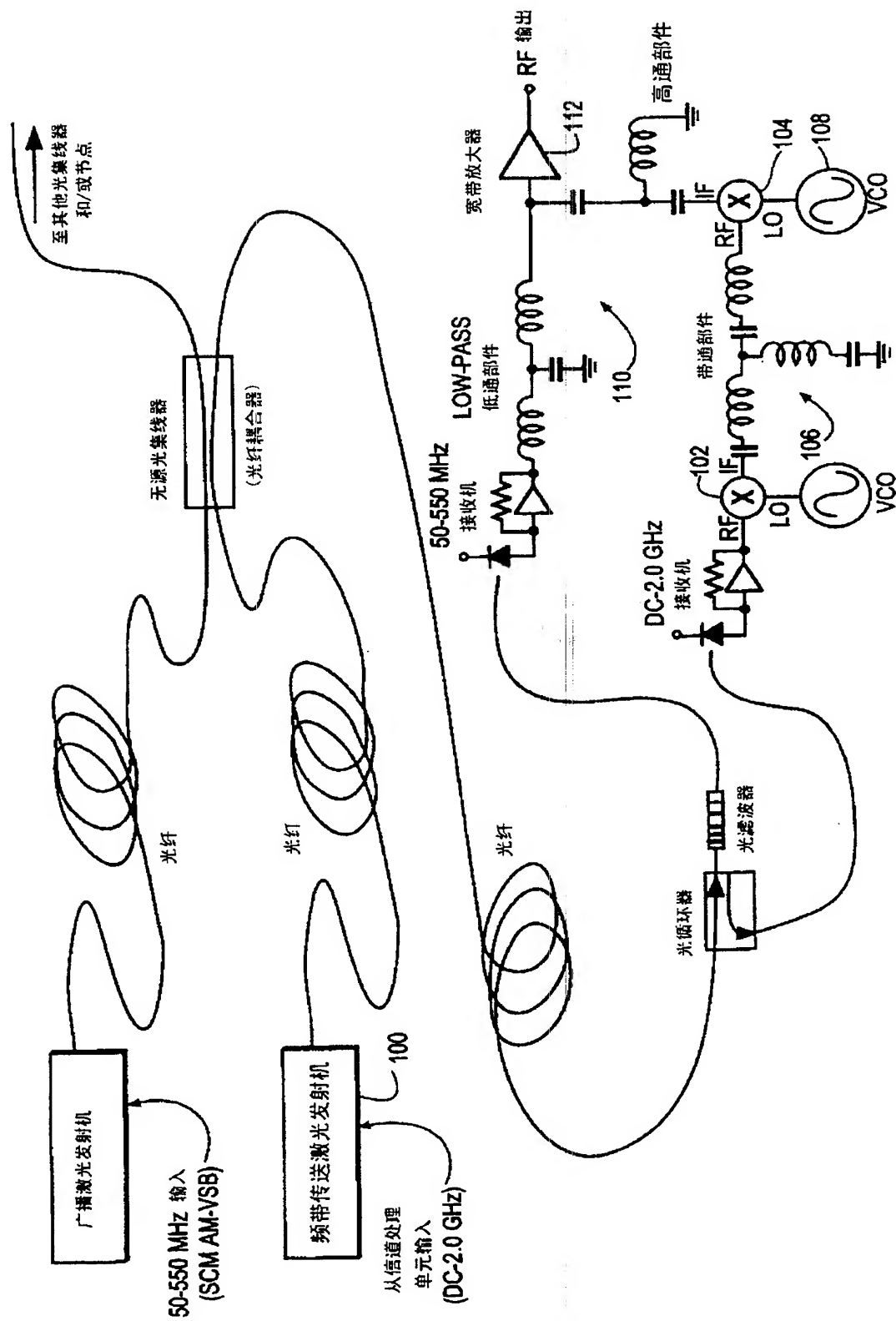
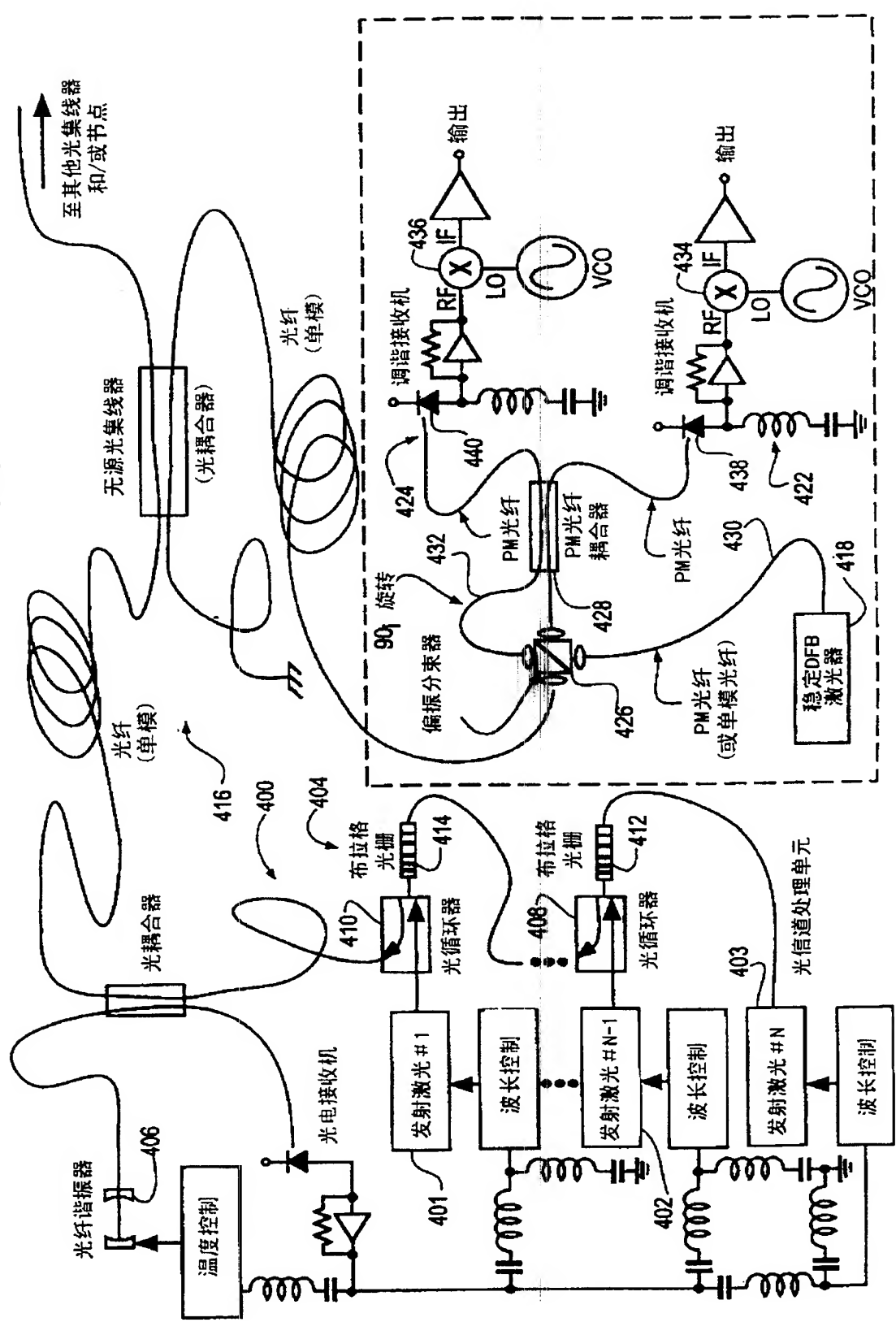
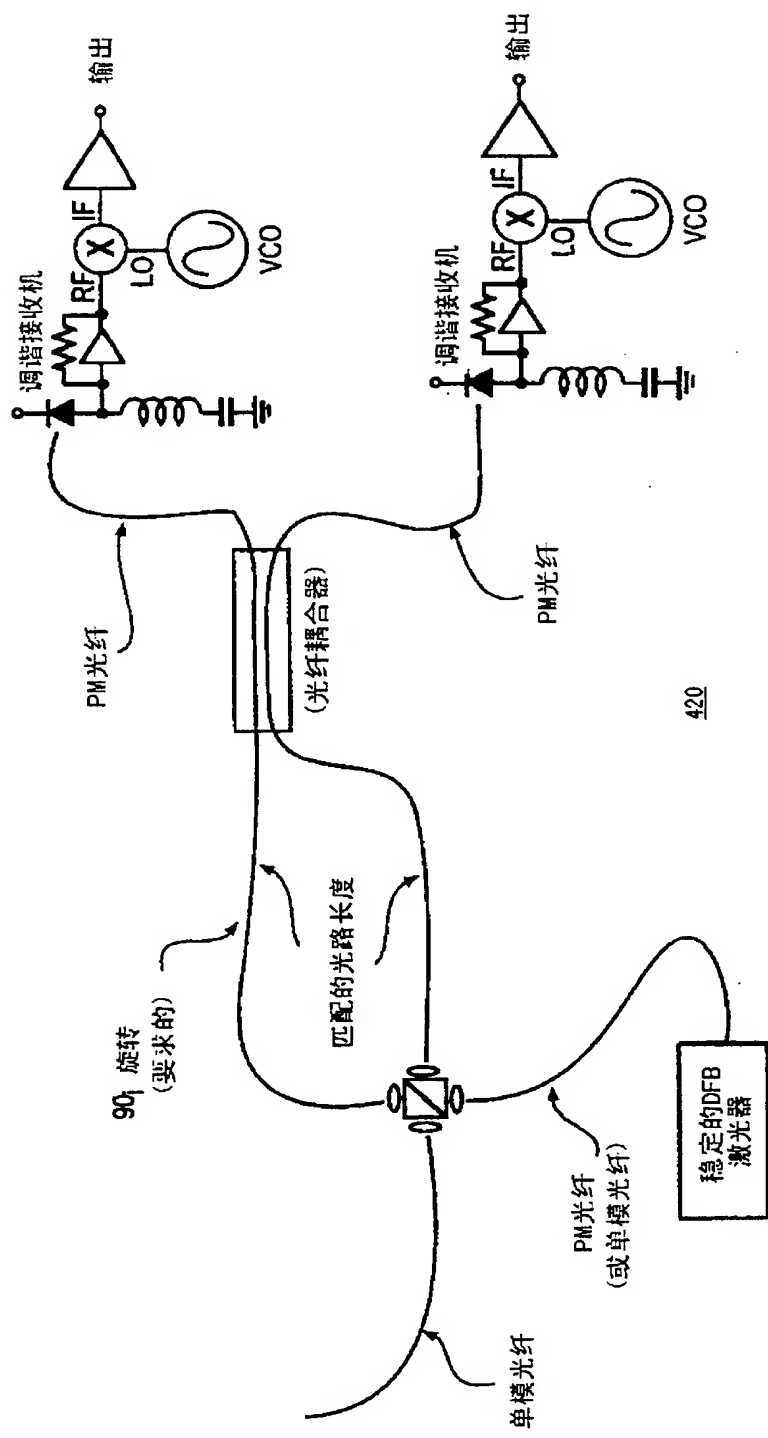




图4







0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

图6

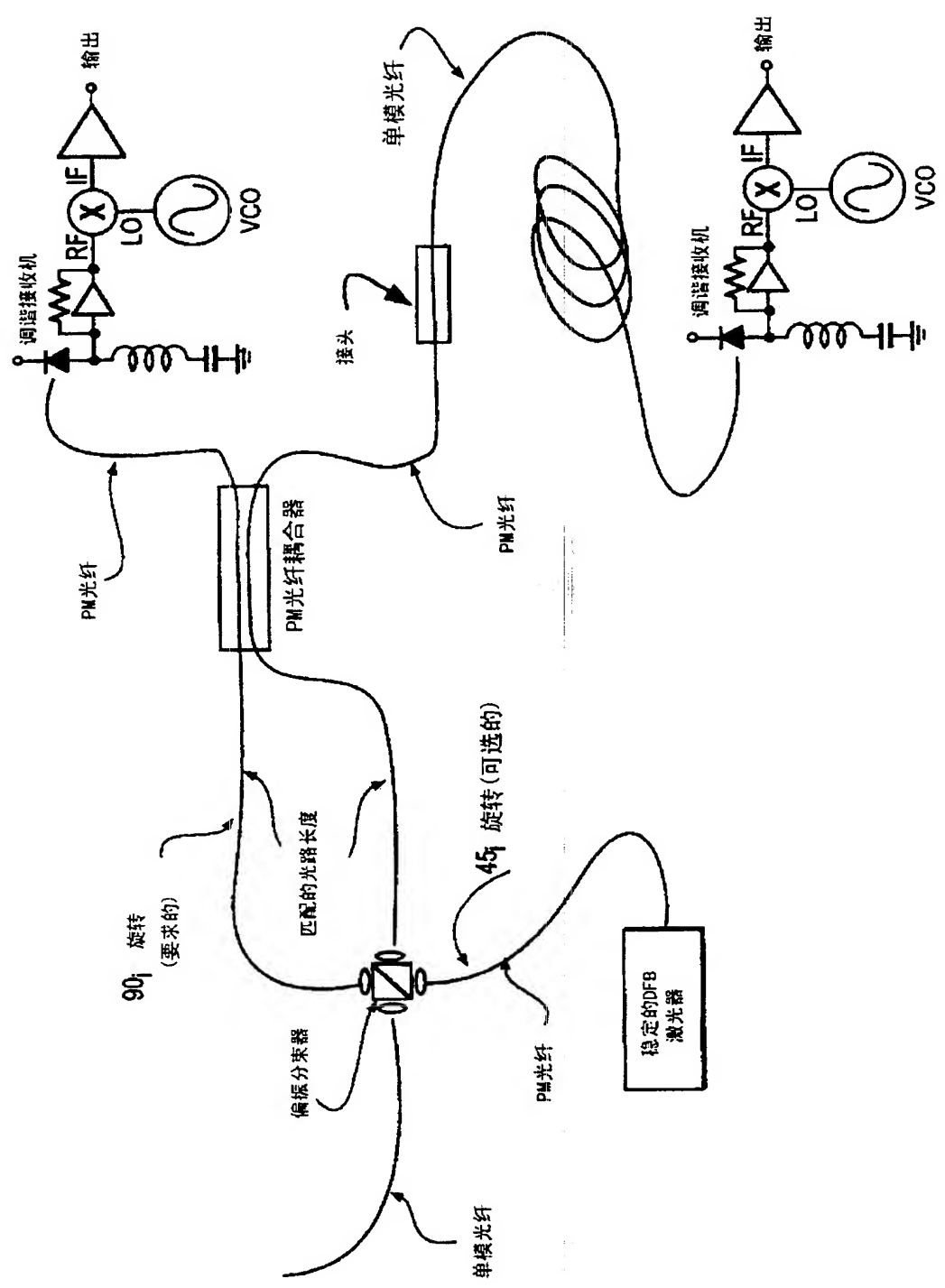


图7

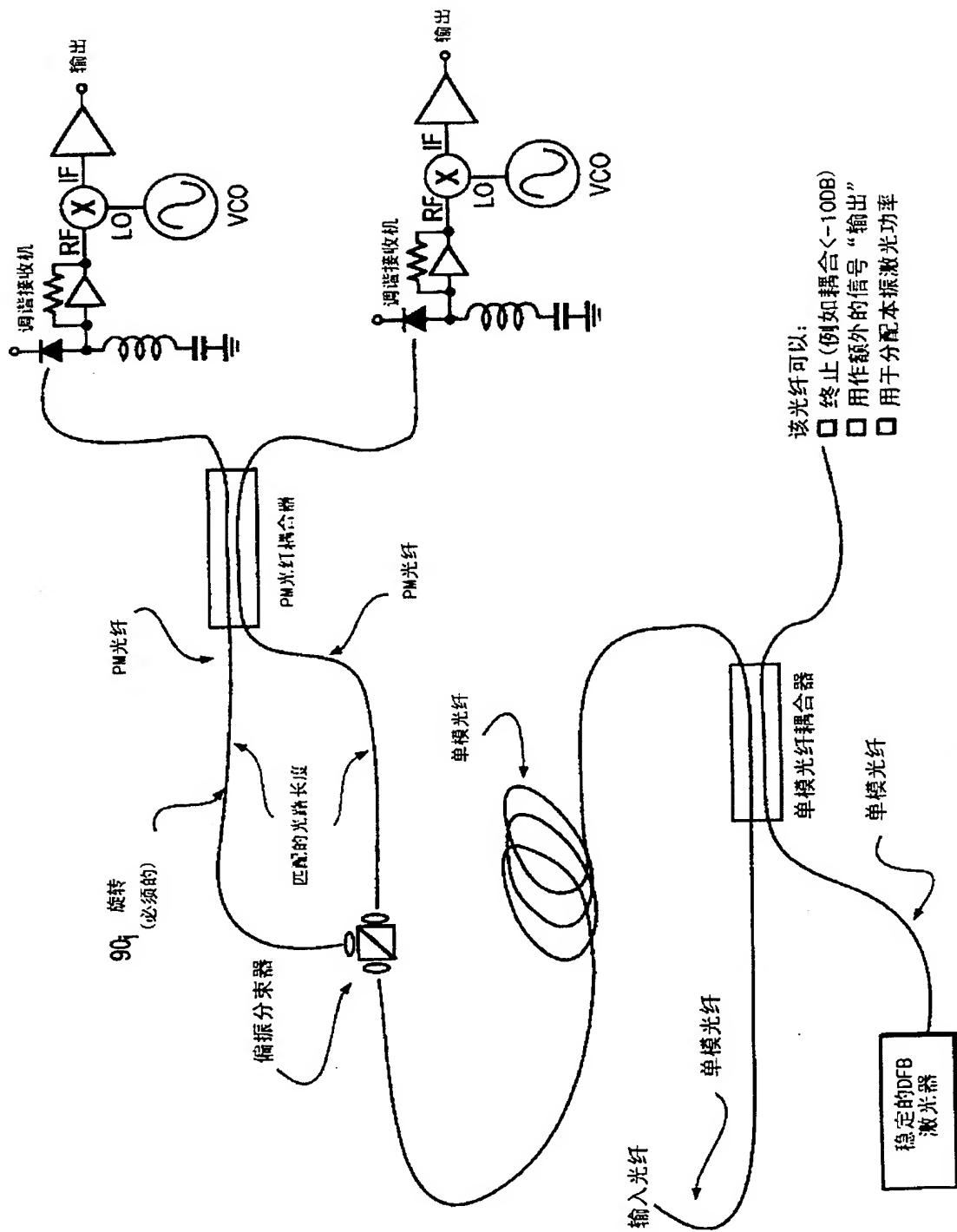


图8A

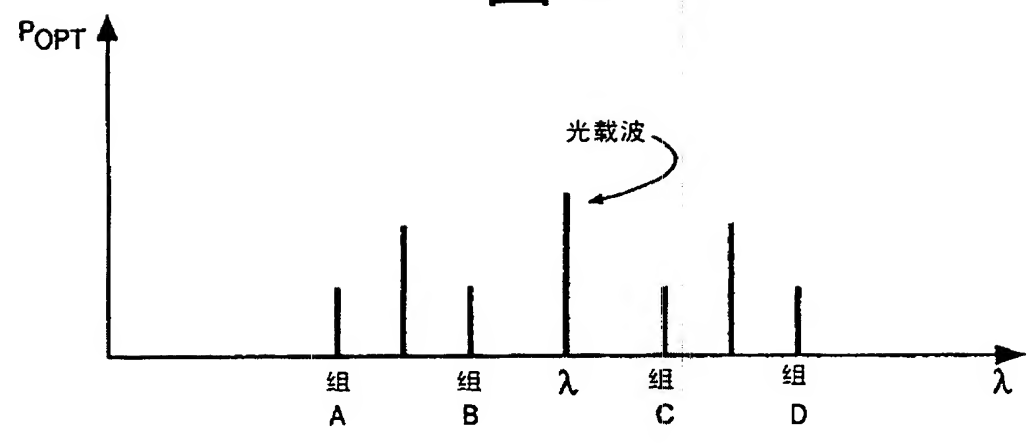


图8B

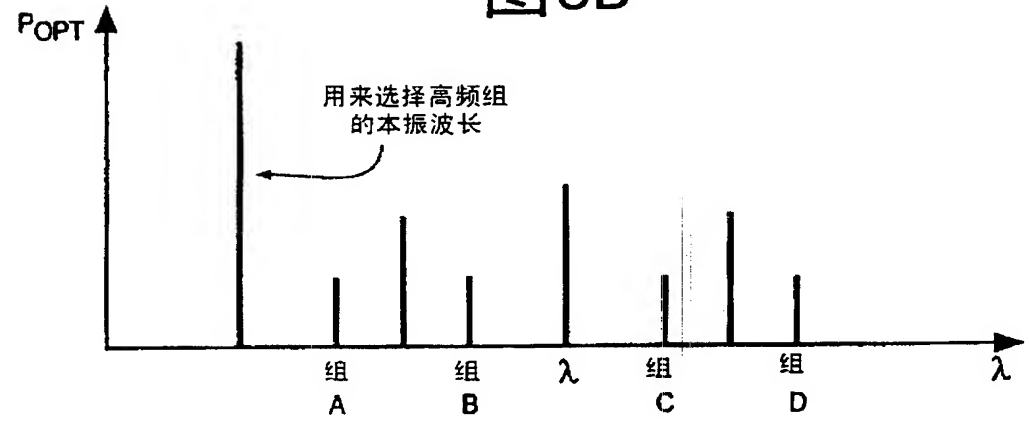


图8C

